



Information zum Thema

Vermeidung von Zündgefahren infolge elektrostatischer Aufladung von Analysenleitungen und Heizschläuchen in explosionsgefährdeten Bereichen

Allgemeines / Bestimmungen

Explosionen sind dort eine permanente Gefahr, wo entzündliche Gase, Dämpfe, Flüssigkeiten oder Stäube entstehen, gelagert oder transportiert werden. Unter bestimmten Voraussetzungen bildet sich in Verbindung mit dem Sauerstoff eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre (g.e.A) bzw. ein zündfähiges Gemisch. Ist eine Zündquelle z.B. durch eine elektrostatische Aufladung vorhanden, kann es zu einer Explosion mit tragischen Folgen kommen. Diese Gefahr kann durch elektrisch leitfähige bzw. elektrisch ableitfähige Kunststoffe erheblich reduziert werden.

Explosionsgefährdete Bereiche finden sich in vielen Industriebereichen, z.B. in der chemischen Industrie, der pharmazeutischen Industrie, in Raffinerien und Tanklagern oder in Lackfabriken, aber auch in Holz oder Lebensmittel verarbeitenden Betrieben wie Mühlen und Getreidesilos, in denen staubbildende Güter gelagert und transportiert werden.

Vor Juli 2003 hatte jedes EU-Land seine eigenen Anforderungen und Vorschriften zum Betrieb von Geräten in explosionsgefährdeten Bereichen. Im Zuge der Harmonisierung des EU Binnenmarktes wurden die zahlreichen unterschiedlichen nationalen Richtlinien zum Explosionsschutz europaweit vereinheitlicht. Die **EU-Richtlinie 2014/34/EU** (Hersteller) und die **EU-Richtlinie 1999/92/EG** (Betreiber) und deren nationale Umsetzung sind heutzutage Grundlage für geltendes Recht in der Europäischen Union.

Die **RL2014/34/EU** legt die Anforderungen an Produkte fest und wendet sich vornehmlich an die Hersteller. Die Richtlinie erlegt dem Hersteller von Geräten und Schutzsystemen, Anlagen und Komponenten Pflichten auf, welche in dem **ProdSG**-Produktsicherheitsgesetz und der **11.ProdSV** – Explosionsschutzverordnung für Deutschland geregelt sind.

Die **RL1999/92/EG** beschreibt die Mindestanforderungen an den Gesundheitsschutz und die Sicherheit der Arbeitnehmer in den Arbeitsstätten und ist für die Anlagenbetreiber relevant. In Deutschland wurde die RL durch die **BetrSichV** – Betriebssicherheitsverordnung und die **GefStoffV** - Gefahrstoffverordnung in nationales Recht umgesetzt.

Im Rahmen der **RL2014/34/EU** sind in Deutschland für den Explosionsschutz die berufsgenossenschaftlichen Regeln (BGR) bzw. die **TRBS** - Technische Regeln für Betriebssicherheit und Gesundheit bei der Arbeit sowie die **TRGS** - Technische Regeln für Gefahrstoffe relevant.

Maßgebend für die verwendeten von Materialien ist die **TRGS 727 - „Vermeidung von Zündgefahren infolge elektrostatischer Aufladungen“** (alt TRBS 2153-3 / GUV-Regel GUV-R 132). Diese technischen Regeln betreffen sämtliche elektrischen und nichtelektrischen Geräte, Schutzsysteme und deren Komponenten, die sich in potentiell explosionsgefährdeten Bereichen, bzw. in gefährlichen explosionsfähigen Atmosphären befinden.

Hierzu gehören auch die nichtelektrischen Komponenten, die eine mögliche Zündquelle aufweisen können. Eine Zündquelle entsteht dann, wenn durch die statische Aufladung eines Stoffes oder Gegenstandes ein derart hohes elektrisches Potential aufgebaut wird, dass bei Annäherung an ein geerdetes Teil eine schlagartige Entladung eintritt. Überschreitet die dabei freiwerdende Energie die Mindestzündenergie, kann es zu einer Explosion kommen. Gegenstände aus isolierenden Materialien (z.B. Kunststoffe) werden auch durch Reibung und infolge betrieblicher Vorgänge und Abläufe aufgeladen.

Dies kann sein durch:

- Entleerung von Behältern mit Flüssigkeiten oder Schüttgütern
- Umpumpen, Rühren oder Mischen
- Versprühen von Flüssigkeiten beim Messen, Probeentnehmen und bei Rohrreinigungsarbeiten
- Pneumatischer Transport von Partikeln
- Elektrostatische Aufladungen beim Umgang mit Schüttgütern (z.B. Staub, Granulat, Späne, usw.)



Grundsätzlich ist es falsch bei elektrisch beheizten Heizschläuchen nur die elektrisch aktiven Komponenten (Heizleiter, Anschlussmuffen, usw.) zu betrachten. Es ist genauso wichtig die miteinander verbauten nicht-elektrischen passiven Komponenten (Wellrohr, Anschlusskappen, usw.) sowie die fachgerechte Montage und deren elektrischen Eigenschaften darauf zu prüfen, in wie weit mögliche Gefahrenpotentiale beim Betrieb entstehen können. Ein wichtiger Ansatzpunkt sind hierbei die Materialeigenschaften gegenüber einer elektrostatischen Aufladung jeglicher Art.





In der aktuellen Ausgabe der TRGS 727 8/2016 der BG RCI sind grundlegende Maßnahmen festgelegt, welche dem Anwender als Hilfestellung dienen, die bei einer Risiko- und Gefährdungsbeurteilung nach Betriebsicherheitsverordnung notwendig sind. Diese grundlegenden Maßnahmen sind gute Beispiele für die Beurteilung und Vermeidung von Zündgefahren infolge elektrostatischer Aufladungen in explosionsgefährdeten Bereichen.

Dabei sind folgende Grundsätze zu berücksichtigen:

- A. Geräte oder Schutzsysteme dürfen sich in explosionsgefährdeten Bereichen nicht gefährlich aufgeladen.
- B. Der Einsatz von Geräten oder Schutzsystemen aus isolierenden Materialien in explosionsgefährdeten Bereichen ist zu vermeiden oder es müssen entsprechende Maßnahmen gegen gefährliche elektrostatische Aufladungen getroffen werden.
- C. In explosionsgefährdeten Bereichen sollten grundsätzlich nur leitfähige oder ableitfähige Geräte oder Schutzsysteme verwendet werden. Eine Miteinbeziehung in den Potentialausgleich der Anlage oder des Gesamtsystems ist notwendig.

Man unterscheidet nach ihrer elektrischen Leitfähigkeit drei Arten von Materialien:

Leitfähige Materialien				ableitfähige Materialien					Isolierende Materialien			
10^1	10^2	10^3	10^4	10^5	10^6	10^7	10^8	10^9	10^{10}	10^{11}	10^{12}	
Oberflächenwiderstand R_o in Ω/m												

Ableitfähig ist ein Stoff oder Material mit einem spezifischen Widerstand von mehr als $10^4 \Omega/m$ und weniger als $10^9 \Omega/m$. Hierbei spielen auch die Umgebungstemperatur sowie die relative Luftfeuchtigkeit eine Rolle (z.B. je höher die relative Luftfeuchte ist, desto besser sind die Ableiteigenschaften des Materials).

Zitat aus der TRGS 727 Abschnitt 3.1. Elektrostatische Aufladungen von Gegenständen und Einrichtungen (2): „Je nach Zündwahrscheinlichkeit sind alle Gegenstände oder Einrichtungen aus leitfähigen Materialien zu erden und solche aus ableitfähigen Materialien sind mit Erdkontakt zu versehen. Die Erdung bzw. die Erdverbindung darf nur entfallen, wenn eine gefährliche Aufladung ausgeschlossen ist.“

Geerdete leitfähige Gegenstände können nicht gefährlich aufgeladen werden. Sind sie jedoch von Erde isoliert, können Funkenentladungen auftreten. In der TRGS 727 findet man dazu konkrete Forderungen und wichtige Hinweise für den Einsatz von elektrostatisch ableitfähigen oder leitfähigen Materialien.

Laut DIN EN 60079-14:2014 (VDE 0165-1) Kapitel 6.5.2 müssen Konstruktion und Schutzziele so ausgelegt sein, dass bei bestimmungsgemäßem Betrieb, Wartungs- und Reinigungsarbeiten die Gefahr einer Zündung als Folge elektrostatischer Aufladung vermieden wird. Durch Auswahl geeigneter Werkstoffe, so dass der maximale Oberflächenwiderstand nicht größer als $1 G\Omega/m$ ($10^9 \Omega/m$ gemessen bei $(50 \pm 5) \%$ relativer Feuchte) sein darf, um entsprechende Aufladungen zu verhindern.

Elektrostatische Aufladung bei Heizschläuchen

winkler.eu

Technische Grundlagen des Explosionsschutzes

Elektrostatische Ableitfähigkeit bei Heizschläuchen

Die positiven und negativen Ladungsträger an der Oberfläche des Außenmantels sind ausgeglichen.

Ist oder wird dieser Gegenstand mit Erdpotential verbunden, so erfolgt ein Ladungsausgleich durch einen Funkenüberschlag.

Durch Reibung oder Induktion findet eine Ladungstrennung der Ladungsträger an der Oberfläche statt. Auch in diesem findet eine entsprechende Ladungstrennung statt.

Quelle: winkler.eu

© Frank Markez | Flexible elektrische Beheizungsleitungen für explosionsgefährdete Bereiche 04.12.2018 21

Bringt man zwei unterschiedliche Materialien in engen Kontakt, so treten Ladungsträger von dem Stoff mit der geringeren Elektronenaustrittsenergie in den Stoff mit der höheren Elektronenaustrittsenergie über. Ist einer der beiden Stoffe elektrisch isolierend, so können bei anschließender schneller Trennung der Materialien die Elektronen nicht schnell genug zurückfließen und verbleiben als Überschuss auf dem anderen Material. So werden unterschiedliche Potentiale aufsummiert. Aber auch durch Induktion (auch Induktion genannt) findet eine Ladungstrennung statt, die besonders gefährlich ist, da sie auf den ersten Blick nicht erkennbar ist und sich über längere Zeit zu einer ausreichenden Zündenergie ansammeln kann.



Diese energiereichen aufgeladenen Zustände sind thermodynamisch sehr instabil und bemüht, diesen Zustand innerhalb einer elektrostatischen Entladung wieder auszugleichen. Dabei spielt die Art und Form des Energieausgleiches (z.B. Funkenentladung) eine wichtige Rolle.

Sind bei diesen Entladungsvorgängen Personen beteiligt, so sind die Finger der Person als wirksame Zündelektrode anzusehen, die gegen Erdpotential ableitend wirken. Aber auch im umgekehrten Fall kann eine Person sich mit mehreren tausend Volt aufladen. Diese Entladungsenergien reichen aus, um brennbare Flüssigkeiten, Gase, Dämpfe und Stäube mit der entstehenden Funkenentladung zünden zu lassen.

Die Beurteilung, wo eine solche elektrostatische Aufladung auftreten kann, ist recht kompliziert und nicht auf den ersten Blick erkennbar. Aus diesen Gründen wird in einschlägigen Bestimmungen und Vorschriften der Einsatz von leitenden, bzw. ableitenden Materialien gefordert.

Ein sicherer Einsatz von elektrisch beheizten Heizschläuchen im explosionsgefährdeten Bereich setzt voraus, dass bei der Gefährdungsbeurteilung alle möglichen Gefahren, welche beim bestimmungsgemäßen und vorhersehbaren fehlerhaften Betrieb möglich sind, erkannt und entsprechende Sicherungsmaßnahmen ergriffen wurden.

Heizschläuche, die mit verschiedenen für den Ex-Bereich zugelassenen Komponenten aufgebaut sind aber keine komplette Systemzulassung des Herstellers besitzen, müssen vor Ort geprüft und einer internen Gefährdungsanalyse unterzogen werden. Dies kann nur erfolgen, sofern der Hersteller alle entsprechenden Materialdatenblätter beigefügt hat und der Betreiber in der Lage ist, dies zu beurteilen. Dazu sind umfassende Kenntnisse der Materie notwendig, welche eine fachspezifische Ausbildung erfordern.

Aus diesem Grund kommt heutzutage einer kompletten Systemzulassung (EU-Baumusterprüfung) durch eine benannte Zertifizierungsstelle eine immer größere Bedeutung zu. Diese prüft die explosionsgeschützten Heizschläuche neben ihrer eigentlichen Verwendung auch auf die fachgerechte Kombination der verbauten Einzelteile und ihrer Eigenschaften innerhalb des Gesamtsystems.

Bei diesen Prüfungen spielt der äußere Aufbau, das Schutzrohr (Wellrohr) sowie die An- Abschlusstellen (Endkappen) eine große Rolle. Der Aufbau ist nicht nur als reiner mechanischer Schutz anzusehen, sondern muss in eine Gefährdungsbeurteilung des Gesamtsystems mit einbezogen werden. Prüfungen, die neben den üblichen Umwelteinflüssen die Materialalterung, die Hydrolyse und Tests zur Schlagfestigkeit beinhalten, sind Grundvoraussetzungen für eine spätere erfolgreiche Zulassung und sichere Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen.

Auch Entladungsvorgänge, an denen Personen beteiligt sind, sind schwierig im Vorfeld zu beurteilen. Es sind klare und unmissverständliche Arbeits- und Betriebsanweisungen notwendig, in denen Regelungen getroffen werden, wie bei Umgang mit und bei Betrieb von Heizschläuchen in den explosionsgefährdeten Bereichen zu verfahren ist.

Die Gefährlichkeit der elektrostatischen Entladung kann an einem einfachen Beispiel deutlich gemacht werden:

Wenn sich eine Person auf eine Spannung von ca. 2 kV auflädt (diese Spannungen sind bei einer Entladung für die Person fühlbar), so geht in die Funkenentladung die gesamte in der Person gespeicherte Energie mit ein (wie bei einem Kondensator). Da die Person als Leiter aufzufassen ist, hat sie eine messbare Kapazität gegen Erde von ca. 100 - 200 pF, was eine gespeicherte Energie ergibt, welche fast alle brennbaren Flüssigkeiten, Gase, Dämpfe und Stäube mit einer solchen Funkenentladung zünden lässt.



Grundsätzlich dürfen in explosionsgefährdeten Bereichen nur leitfähige oder ableitfähige Materialien eingesetzt werden. Werden isolierende Materialien eingesetzt, so müssen entsprechende Schutzmaßnahmen getroffen werden, welche die Gefahr der elektrostatischen Aufladung verhindern (z.B. umfassende Erdungsmaßnahmen). Dies ist in der Praxis meistens schwierig zu realisieren und kann mit herkömmlichen Materialien selten über die gesamte Nutzungsdauer des flexiblen Heizschlauches gewährleistet werden.

Konstruktive Maßnahmen an Ex- Heizschläuchen von Winkler

Elektrostatische Ableitfähigkeit bei Heizschläuchen

Quelle: winkler.eu

A der PTFE Grundschlauch ist durch sein Stahlgeflecht geerdet;
B der PTFE isolierte Heizleiter ist über sein Schutzgeflecht geerdet;
C der Außenmantel ist elektrostatisch ableitend mit Verbindung zu den Silikonkappen, die Verbindung mit dem Schutzleitungssystem erfolgt über ein großflächig anliegendes Cu-Geflecht;
D die Silikonkappen sind elektrostatisch ableitend mit Verbindung zum Außenmantel;
E die Armaturen sind mit dem PTFE Grundschlauch verbunden und werden zusätzlich in die Schutzmaßnahme der Gesamtanlage mit einbezogen
F Schutzleiteranschluss in Netzleitung

© Frank Merkel | Flexiblen elektrische Beheizungslösungen für explosionsgefährdete Bereiche 04.12.2018 22

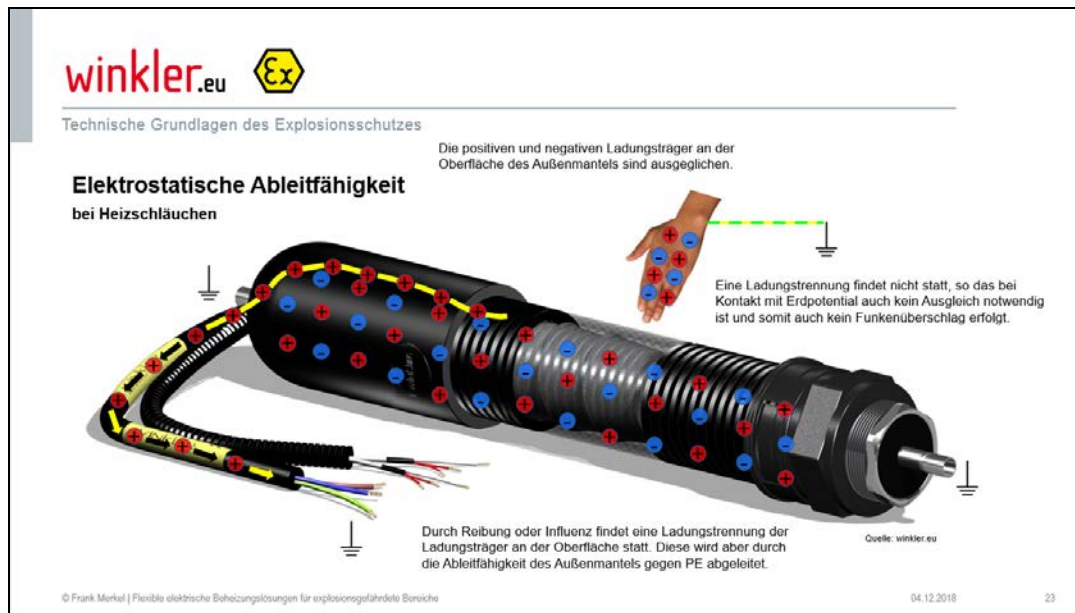


Die explosionsgeschützten Heizschläuche von Winkler sind prinzipiell mit elektrisch ableitenden Materialien (Außenmantel und An- / Abschlusskappen) aufgebaut, welche eine gefährliche elektrostatische Aufladung durch stetigen Ladungsabfluss durch den fest angeschlossenen PE-Leiter verhindern bzw. erst gar nicht entstehen lassen.

Das Bild 22 verdeutlicht die maßgeblichen Bereiche, an denen eine elektrostatische Aufladung an den Heizschläuchen entstehen kann, und welche Ableitungsmöglichkeiten vorhanden sind.

Durch den elektrischen Anschluss (Schutzleiter in Netzzuleitung) und die Anschlussarmaturen wird der Ex-Heizschlauch an den örtlichen Potentialausgleich angeschlossen und ist somit geerdet (siehe auch Montagehinweise / Betriebsanleitung).

Bei Ex-Heizschläuchen von Winkler findet durch die Miteinbeziehung der elektrostatisch ableitenden Eigenschaften der verwendeten Bauteilkomponenten (PA-Wellrohr, Silikon An- und Abschlusskappen) folgender Vorgang ständig statt (Bild 23).



Die sich eventuell durch Reibung oder Influenz bildende Ladungstrennung / Häufung, welche einen energiereichen und thermodynamischen Zustand erzeugt, wird durch den kontinuierlichen Abfluss der Elektronen über das Schutzleitersystem gegen Erdpotential neutralisiert, so dass es zu keiner gefährlichen Ladungsansammlung kommen kann. Es kommt somit bei sich nähernden Objekten auch zu keiner Ladungstrennung und zu keinem Funken durch eventuellen Ladungsausgleich.

Bei der Gefährdungsbetrachtung im Rahmen des Konformitätsbewertungsverfahrens müssen alle Materialien und Komponenten überprüft und auf ihr Zusammenspiel mit den anderen Bauteilkomponenten getestet werden. Dabei spielen mehrere Faktoren eine wichtige und entscheidende Rolle.

Neben der sicheren, mittels Verwendung spezieller Zündschutzarten aufgebauten elektrischen Beheizung im Schlauchinneren, müssen auch die in unmittelbarer Umgebung befindlichen Bauteilkomponenten eine entsprechende Schutzfunktion aufweisen um die elektrische Beheizung gegen schädigende Umwelteinflüsse zu sichern.

Dabei spielt der Außenmantel als nichtelektrisches Bauteil eine entscheidende Rolle.

Die Anforderungen sind mit einer Dichtigkeitsprüfung IP66 / IP68, einem Alterungstest gegen Versprödung durch ungünstige Umwelteinflüsse (Temperatur und Luftfeuchte), einer Schlagprüfung mit 7J ohne Bruch sehr hoch angesetzt. Auch der Oberflächenwiderstand aller Teile (Wellrohr, Silikonendkappen oder Verschraubungen) muss $< 10^9$ Ohm (elektrostatisch ableitend) sein. All diese Anforderungen erfüllen die beim Bau der Ex-Heizschläuche verwendeten Wellrohre und Silikonanschlusskappen oder Verschraubungen von Winkler.

Auch ein entsprechender Schutz gegen chemische Einflüsse des Außenmantels, welcher abhängig von der Temperatur, der Einwirkzeit (dauerndes Berühren oder nur gelegentlicher Kontakt) des chemischen Stoffes, sowie dessen Konzentration ist, ist maßgebend für einen sicheren und bestimmungsgemäßen Einsatz. Hierbei wird dem verwendeten Material des Außenmantels durch eine mitgelieferte Beständigkeitstabelle ein hohes Schutzniveau bescheinigt.



Die Anforderungen an die verbauten Materialien der Ex-Heizschläuche, die im explosionsgefährdeten Bereichen eingesetzt werden, fordern geradezu eine komplette Systemprüfung heraus, um einen sicheren und bestimmungsgemäßen Betrieb gewährleisten zu können, vor allem wenn wechselnde Betriebs- oder Einsatzorte vorhanden oder notwendig sind.

Winkler GmbH

Frank Merkel

Leiter Produktmanagement Ex-Beheizungslösungen
Explosionsschutzbeauftragter

f.merkel@winkler.eu / atex@winkler.eu / www.winkler.eu